



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Patentschrift
⑯ DE 198 54 651 C 1

⑯ Int. Cl. 7:
C 02 F 1/42
B 01 J 49/00
G 01 N 27/414

⑯ Aktenzeichen: 198 54 651.3-41
⑯ Anmeldetag: 26. 11. 1998
⑯ Offenlegungstag: -
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 5. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:
OFS Online Fluid Sensoric GmbH Gesellschaft für
analytische und meßtechnische Systeme, 07549
Gera, DE

⑯ Vertreter:
Meissner, Bolte & Partner, 80538 München

⑯ Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 32 35 808 A1
US 43 79 057
US 26 28 191
EP 01 54 278 A2

⑯ Verfahren zum Betreiben einer Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit durch in situ-Messung der Wasserresthärte mittels ionenselektiver Sensorik sowie Anordnung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit durch in situ-Messung der Wasserresthärte mittels ionenselektiver Sensorik. Erfindungsgemäß wird ein Abzweigen eines minimierten Leckrate aufweisenden Teilstroms des Prozeßwassers vorgenommen, wobei der Teilstrom über eine steuerbare Ventileinheit auf eine Sensorik gelangt. Weiterhin erfolgt ein Festlegen von Steuergrößen für den Teilstrom auf der Basis eines von einer Steuereinheit für die Ionentauscheranlage vorgegebenen Prozeßsignals, wobei diese Steuergrößen auf die Ventileinheit geführt sind, derart, daß der Teilstrom sich zeitgleich zur Prozeßwasserströmung einstellt. Die ionenselektive Sensorik dient der laufenden Überwachung von Konzentrationsverhältnissen im Teilstrom, wobei mit Erreichen oder Überschreiten vorgegebener Grenzwerte der Regenerationsprozeß der Ionentauscheranlage durchgeführt wird. Außerhalb von Entnahmzeiten von Prozeßwasser wird der Teilstrom unterbrochen und über die Ventileinheit der Sensorik Kalibrierflüssigkeit zur Eichung und Kontrolle zugeführt.

DE 198 54 651 C 1

DE 198 54 651 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit durch in situ-Messung der Wasserresthärte mittels ionenselektiver Sensorik sowie eine Anordnung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

Aus der DE 32 35 808 A1 ist ein Sensor zum Messen des Austauschzustands eines Ionenaustauschers sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Sensors bekannt.

Gemäß dortiger Lösung wird vorgeschlagen, daß das Gate eines ionensensitiven Feldeffekttransistors, auf welches eine Membran ionensensitiven Materials aufgebracht ist, in den Ionenaustauscher eintaucht. Weiterhin wird die Membran im wesentlichen aus der Austauschsubstanz hergestellt, die im Ionenaustauscher verwendet wird. Mit Hilfe eines derartigen Sensors kann der Zustand bezüglich der Belastung des Austauschers bestimmt werden, jedoch können keine Aussagen hinsichtlich der Härte von Prozeßwasser, welches durch den Ionenaustauscher fließt, erfolgen.

Weiterhin ist ein Verfahren zur zyklischen Regeneration einer Wasserenthärtungsanlage aus der US 4,379,057 vorbekannt, wobei gemäß dortiger Lösung in vorgegebenen Zeitintervallen unter Beachtung der Eingangshärte des Speisewassers der Regenerationsprozeß eingeleitet wird. Durch die vorstehend beschriebene Maßnahme ist jedoch eine optimale Ausnutzung der Ionentauscherharze nicht oder nur eingeschränkt möglich, wobei Aussagen über die Restwasserhärte nicht gewonnen werden können.

Letztendlich zeigt die EP 0 154 278 A2 einen Härtefühler für Wasserenthärtungsanlagen, wobei dort der Fühler mit einer Füllung aus ionenaustauschendem Schrumpfharz, welche eine einzige freie Oberfläche aufweist, über einen Kolben in Verbindung steht. Mit einem derartigen Fühler wird die Härte quasi indirekt über die Volumenveränderung des Schrumpfharzes bestimmt. Die Messung selbst ist relativ träge und aufgrund ihrer Ungenauigkeit für Steuerungs- und Regelungszwecke nicht verwendbar.

Wie oben anhand des bekannten Standes der Technik exemplarisch dargelegt, ist die Enthärtung von Wasser mittels Ionenaustauscher bekannt, wobei mit dem Durchfluß des Wassers durch schwachsäure Kationen Austauscherharze die zwei-wertigen Ionen, wie Calcium und Magnesium, wesentlich stärker an das Austauschharz gebunden werden, als die ein-wertigen Natriumionen. Damit erhält man am Ausgang des Ionenaustauschers eine höhere Natrium- als Calcium- und Magnesiumkonzentration. Eine Vollentsalzung und damit auch weitere Enthärtung ist durch Hintereinanderschaltung, d. h. Kaskadenbildung von starken Kationen- und Anionenaustauschern erzielbar.

Entsprechend gegebener Harzaaffinität zu den Härtebildnern können für das aufbereitete Wasser Härtegrade < 0,1° dH erzielt werden. Mit abnehmender Konzentrationsdifferenz zwischen den Austauschionen wird der Austauschvorgang im Ionenaustauscher langsamer, bis sich ein entsprechendes chemisches Gleichgewicht eingestellt hat.

Gleichzeitig steigt die Konzentration der Härtebildner am Ausgang der Ionentauscheranlage steig an. Bei Überschreitung einer vorgegebenen Härteobergrenze muß die Anlage außer Betrieb genommen werden und es ist eine Regeneration der Ionenaustauscher notwendig.

Wie exemplarisch anhand der US 4,379,057 dargelegt, erfolgt die Steuerung eines automatischen Umschaltens zwischen Betrieb und Regeneration der Austauscheranlage über Verfahren, die in bezug zur überwachenden Resthärte sehr ungenau und unwirtschaftlich sind. So müssen beispielsweise nach vorgegebenen Dimensionierungsvorschriften die Durchflußmengen der Anlagen überwacht und sicher-

heitsbezogen vorzeitig umgeschaltet werden.

Alternativ zur zitierten Lehre nach EP 0 154 278 A2 ist eine fotometrische Bestimmung der Resthärte am Ausgang einer Ionentauscheranlage vorgeschlagen worden. Die gegebene begrenzte optische Auflösung verbunden mit den diskontinuierlichen Meßverfahren gestatten jedoch keine wirtschaftliche und kontinuierliche Resthärteüberwachung im gegebenen Grenzbereich.

Aus dem zitierten Stand der Technik ist ersichtlich, daß das Erkennen ansteigender Konzentration der Härtebildner am Ausgang eines Ionenaustauschers vor dem Überschreiten einer vorgegebenen Obergrenze maßgeblich für den wirtschaftlichen Betrieb respektive die geforderte hohe Betriebssicherheit der Folgeprozesse ist. Dieser Zeitpunkt läßt sich jedoch nicht wie vorgeschlagen statistisch vorausbestimmen, da die im Ionenaustauscher ablaufenden Vorgänge komplexer chemischer Natur sind, wobei zusätzlich dynamische Prozesse der Ionentauscherkinematik, wie Ionendichte, Harzaaffinität, Diffusions- und Fließgeschwindigkeiten eine entscheidende Bedeutung haben.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit durch in situ-Messung der Wasserresthärte mittels ionenselektiver Sensorik anzugeben, das es gestattet, die Kapazität der Ionentauscherharze in der Anlage optimal zu nutzen, den Wasserverbrauch für Spül- und Regenerierungsprozesse zu minimieren und letztendlich die Wirtschaftlichkeit und die Betriebssicherheit für nachgeordnete Prozesse zu erhöhen.

30 Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt mit einem Verfahren gemäß Definition nach Patentanspruch 1 sowie mit einer Anordnung umfassend die Merkmale nach Patentanspruch 4, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen darstellen.

35 Erfindungsgemäß wird aus der Prozeßwasserströmung ein Teilstrom abgezweigt, wobei der Teilstrom eine minimierte Leckrate besitzen soll. Dieser Teilstrom wird über eine steuerbare Ventileinheit auf eine ionenselektive Sensorik geführt.

40 Weiterhin werden erfindungsgemäß Steuergrößen für den Teilstrom bereitgestellt, wobei hierfür auf ein Prozeßsignal für die Steuerinheit der Ionentauscheranlage zurückgegriffen wird. Diese Steuergrößen gelangen auf die Ventileinheit, so daß sich der Teilstrom zeitgleich zur Prozeßwasserströmung einstellt.

45 Der Teilstrom wird hinsichtlich seiner Ionenkonzentration mit einer speziellen Sensorik überwacht, wobei mit dem Erreichen und/oder dem Überschreiten vorgegebener Grenzwerte der Regenerationsprozeß der Ionentauscheranlage ausgelöst und durchgeführt wird.

50 Außerhalb von Entnahmzeiten von Prozeßwasser wird der Teilstrom unterbrochen und es besteht in bevorzugter Weise die Möglichkeit, über die Ventileinheit der Sensorik Kalibrierflüssigkeit zur Eichung und Kontrolle zuzuführen.

55 Zum Erreichen der gewünschten Meßgenauigkeiten wird die bestimmte Ionenkonzentration mit erfaßten Temperaturwerten des Teilstroms im Probenkanal korriktiert.

60 Anordnungsseitig ist gemäß der Erfindung am Ausgang der Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit ein Teilstromkanal vorhanden, welcher von der Prozeßwasserführung abzweigt. Der Teilstromkanal steht mit mindestens einem Ventil einer Ventilgruppe, die wiederum eine Ventileinheit bildet, in Verbindung.

65 Die Ausgänge der Ventile führen auf einen Probenkanal, wobei im Probenkanal mindestens ein ionenselektiver Ca/Mg-Sensor sowie ein Temperatursensor angeordnet sind. Die vorstehend genannten Sensoren liefern Ausgangssignale, die an einen Meßautomaten, umfassend eine elektro-

nische Auswerteeinrichtung gelangen.

Die Steuereinheit für die Ionentauscheranlage ist mit dem Meßautomaten so verbunden, daß ein bidirektonaler Signalaustausch erfolgen kann. Der Meßautomat selbst liefert Steuersignale zur Ventileinheit.

Anordnungsseitig wirkt die Ventileinheit weiterhin mit einem Speicher zur Aufnahme von Kalibrierflüssigkeiten zusammen, wobei jeweils mindestens ein Speichergefäß auf mindestens ein Ventil der Ventilgruppe führt.

Um möglichst geringe Leckraten bezüglich der Prozeßwasserströmung zu erreichen, besitzt der Probenkanal einen Durchmesser, bevorzugt im Bereich ≤ 3 mm.

Zum definierten Einstellen und Steuern des Teilstroms ist eine Pumpe vorhanden, welche vom Meßautomaten aktivierbar ist. Alternativ besteht die Möglichkeit, daß sich die Teilströmung hydrostatisch einstellt.

Der Meßautomat kann über eine geeignete Schnittstelle mit einem Personal Computer zur Datenauswertung und Vorgabe von Steuergrößen verbunden werden, wobei die Datenübertragung sowohl drahtlos als auch drahtgebunden erfolgen kann. Für die drahtlose Übertragung wird bevorzugt eine Telemetrieinheit verwendet, und es besteht die Möglichkeit, datenübertragungsseitig ein öffentliches GSM-, UMTS- oder DECT-Standard-Telekommunikationsnetz zu nutzen.

Die Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit besitzt elektrisch oder hydraulisch ansteuerbare Stellventile, um die Betriebsführung von Enthärtungen auf Regenerieren respektive Spülen umstellen zu können.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht in Verbindung mit der zugehörigen Anordnung eine kontinuierliche, qualitätsorientierte Grenzwertüberwachung bezüglich der Belastung eines Ionenaustauschers auf der Grundlage der Ermittlung der Resthärte, verbunden mit einer automatisierten Betriebssteuerung der Ionentauscheranlage selbst. So kann mit Inbetriebnahme der Enthärtungsanlage für den nachfolgenden Prozeß sofort und ständig der Prozeßwasser-Härtegrad überwacht und beeinflußt werden. Insbesondere dann, wenn die Anlagen bereits längeren Standzeiten ausgesetzt waren, kann dies über die Bestimmung des Härtegrads sofort erkannt werden und es können geeignete Maßnahmen getroffen werden, um nicht den Anforderungen Genüge tragendes Prozeßwasser von nachgeordneten Einrichtungen fernzuhalten bzw. um ein rechtzeitiges Umschalten auf redundant vorhandene Ionenaustauscher zu veranlassen.

Ein weiterer Vorteil liegt erfindungsgemäß darin, daß eine Eigenüberwachung durch das Verfahren möglich ist, wobei hier auf eine automatische Eichung und Kalibrierung außerhalb der Enthärtungszeiten zurückgegriffen wird.

Demnach werden die Meßwerte mit hoher Genauigkeit und reproduzierbar bereitgestellt, indem vorab bzw. zyklisch eine automatisierte Kalibrierung für definierte Flüssigkeiten erfolgt. Diese Flüssigkeiten werden durch entsprechendes Öffnen oder Schließen der Ventile bzw. der Ventilgruppe in der Ventileinheit dem Probenkanal zugeführt, welcher dann temperaturbewertet im Durchfluß die Ionenkonzentration der Eichflüssigkeiten bestimmt, um einen Eichprozeß auszulösen respektive Korrekturwerte bereitzustellen, die bei nachfolgender in situ-Messung Berücksichtigung finden.

Durch den angeschlossenen Personal Computer besteht die Möglichkeit einer intelligenten Datenauswertung sowie zum Langzeitmonitoring der beschriebenen Anordnung.

Über den Meßautomaten können die Stellventile zur Betriebsführung der Ionentauscheranlage nach dem Master-Slave-Betrieb angesteuert werden, so daß automatisch nach Erreichen bestimmter Sättigungsgrenzen der Ionenaustauscher die angeschlossene Regenerationseinheit aktivierbar

ist, wodurch sich insgesamt eine optimalere Ausnutzung des Leistungsvermögens der Ionenaustauscher über ein vorgegebenes Zeitintervall einstellt.

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels sowie unter Zuhilfenahme einer Figur näher erläutert werden.

Die Figur zeigt hierbei eine prinzipielle Darstellung des Aufbaus einer Anordnung, mit deren Hilfe ein Betreiben einer Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit durch in situ-Messung der Wasserhärte erfolgen kann.

Eine Speisewasserzuführung 3 gelangt auf eine Baugruppe zur Wasserenthärtung, welche mindestens einen Ionenaustauscher 1 und eine zugeordnete Regenerationseinheit 2 umfaßt. Ausgangsseitig dieser Baugruppe steht enthärtetes Prozeßwasser 4 zur Verfügung.

An geeigneter Stelle zweigt ein Teilstromkanal 7 von der Prozeßwasserführung 4 ab.

Die Regenerationseinheit 2 und der Ionenaustauscher 1 werden über eine Steuereinheit 5, die nicht gezeigte Stellventile aktiviert, betrieben.

Die Güte des Prozeßwassers 4 aus dem Speisewasser 3 wird durch eine kontinuierliche Überwachung der Teilströmung im Teilstromkanal 7, der durch die Meßeinrichtung 6 fließt, quasi am Prozeß orientiert ermittelt.

Der Teilstromkanal 7 führt auf eine Ventileinheit 9, welche mehrere Ventile oder Ventilgruppen umfaßt. Ausgangsseitig der Ventileinheit 9 befindet sich ein Probenkanal, der durch eine Sensoreinheit 11 hindurchführt. Die Strömung im Teilstromkanal 7 bzw. im Probenkanal wird entweder mit Hilfe einer Pumpe 10 bestimmt oder stellt sich durch den gegebenen hydrostatischen Druck ein.

Der Probenkanal weist einen sehr kleinen Durchmesser zum Gewährleisten einer minimalen Leckrate, bevorzugt ≤ 3 mm auf. Der in der Meßeinrichtung 6 integrierte Meßautomat bildet eine weitere Steuereinheit, welche bidirektional mit der Steuereinheit 5 für die Regenerationseinheit 2 bzw. den Ionenaustauschern 1 verbunden ist.

Die Steuereinheit des Meßautomaten 8 gibt prozeßorientiert Steuergrößen für die Ventileinheit 9 vor, so daß der Strom im Probenkanal definiert einstellbar ist.

In der Sensoreinheit 11 ist mindestens ein ionenselektiver Ca/Mg-Sensor 12 mit einer Meßempfindlichkeit im Bereich bis zu 10^{-7} mol/l sowie ein Temperatursensor mit einer Temperaturdrift $< \pm 0,1$ K angeordnet, welche Ausgangssignale liefern, die auf die Steuereinheit des Meßautomaten 8 gelangen.

Über einen bidirektionalen Datenaustausch zwischen der Steuereinheit 5 und dem Meßautomaten 8 wird analog zur Strömung des Prozeßwassers 4 der Teilstrom im Teilstromkanal 7 bzw. der Strom im Probenkanal realisiert, indem die Ventileinheit 9 zeitgleich mit Steuerausgangssignalen der Steuereinheit 5 aktiviert wird.

In dem Fall, wenn eine erreichte Grenze maximaler Belastung der Ionenaustauscher 1 durch geänderten Härtegrad mittels der Sensoreinheit 11 ermittelbar ist, wird über den Meßautomaten 8 der Steuereinheit 5 ein Umschaltbefehl zugeleitet, so daß der Regenerationsprozeß eingeleitet werden kann.

Hierdurch ist sichergestellt, daß die Ionentauscheranlage vorgegebene Grenzwerte nicht überschreitet und der Regenerationsprozeß zu einem optimalen Zeitpunkt und im gewünschten Umfang eingeleitet wird.

Außerhalb von Entnahmzeiten des Prozeßwassers 4 erfolgt eine Eigenüberwachung der Meßeinrichtung 6, indem mittels des Meßautomaten 8 und der dort befindlichen Steuerung und der Ventileinheit 9 in Verbindung mit dem Kalibrierspeicher 14 Eichzyklen mit definierten Kalibrier-

flüssigkeiten veranlaßt werden. Durch Schließen des Ventils für den Teilstromkanal 7 und Öffnen der mit dem Kalibrierspeicher verbundenen Ventile oder einer entsprechenden Ventilgruppe gelangen dann, ggfs. selektiv einzelne Flüssigkeiten in die Sensoreinheit 11, wodurch die gewünschte Eichung bzw. das Ermitteln von Kalibriergrößen für die nachfolgende in situ-Messung realisierbar ist.

Ein Personal Computer-System 15 kann über eine Schnittstelle an die Steuereinheit des Meßautomaten 8 angeschlossen werden, um ein Langzeitmonitoring, aber auch eine qualitative Bewertung des Sensorsystems in der Senso-
reinheit 11 durchzuführen.

Alternativ oder über das PC-System 15 besteht die Möglichkeit der Fernwartung oder zur telemetrischen Datenübertragung, indem die vorgesehene Schnittstelle am Meß-
automaten 8 mit einem geeigneten Modem verbunden wird, welches einen Datentransfer über öffentliche Telekommunikationsnetze gestattet.

Insgesamt ermöglicht die mit dem Ausführungsbeispiel beschriebene Lösung eine kontinuierliche qualitätsorientierte Grenzwertüberwachung, nämlich der Resthärte des Prozeßwassers, welches über eine Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage geführt wird. Durch laufende Messung der Härtewerte kann auf den Belastungszustand des oder der Ionenaustauscher geschlossen werden, um einen Regenerationsprozeß rechtzeitig einzuleiten. In Entnahmepausen wird automatisch über geeignete Einrichtungen ein Eich- und Kalibrierprozeß eingeleitet, so daß die gewünschten Meßgenauigkeiten erreicht werden können. Letztendlich gelingt unter Anwendung des Verfahrens, die Kapazität des Ionentauscherharzes optimal auszunutzen und den Verbrauch von Wasser für Spül- und die erwähnten Regenerationsprozesse zu minimieren, so daß sich die Wirtschaftlichkeit entsprechender Enthärtungsanlagen erhöht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Wasserenthärtungs- und Ionenaustauscheranlage mit Regenerationseinheit durch in situ-Messung der Wasserresthärte mittels ionenselektiver Sensorik, gekennzeichnet durch

- Abzweigen eines Minimale Leckrate aufweisenden Teilstroms des Prozeßwassers, wobei der Teilstrom über eine steuerbare Ventileinheit auf die Sensorik gelangt;
- Festlegen von Steuergrößen für den Teilstrom auf der Basis eines von einer Steuereinheit für die Ionentauscheranlage vorgegebenen Prozeßsignals, wobei diese Steuergrößen auf die Ventileinheit geführt sind, so daß der Teilstrom sich zeitgleich zur Prozeßwasserströmung einstellt, und
- laufende Überwachung von Ionenkonzentrationen im Teilstrom mittels der Sensorik, wobei mit Erreichen oder Überschreiten vorgegebener Grenzwerte der Regenerationsprozeß der Ionentauscheranlage durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb der Entnahmzeiten von Prozeßwasser der Teilstrom unterbrochen wird und über die Ventileinheit der Sensorik Kalibrierflüssigkeiten zur Eichung und Kontrolle zugeführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessene Ionenkonzentration mit erfaßten Temperaturwerten des Teilstroms im Probenkanal korreliert wird.

4. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß

- ausgangsseitig der Wasserenthärtungs-Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit (1; 2) aus der Prozeßwasserführung (4) ein Teilstromkanal (7) abzweigt, wobei der Teilstromkanal (7) mit einer steuerbaren Ventileinheit (9) verbunden ist,
- die Ausgänge der Ventile auf einen Probenkanal führen und im Probenkanal mindestens ein ionenselektiver Ca-/Mg-Sensor (12) sowie ein Temperatursensor (13) angeordnet sind, welche Ausgangssignale liefern, die in einen Meßautomaten (8) gelangen,
- die Steuereinheit (5) für die Ionentauscheranlage mit dem Meßautomaten (8) zum bidirektionalen Signalaustausch verbunden und der Meßautomat (8) mit der Ventileinheit (9) verbunden ist und
- weiterhin der Ventileinheit (9) ein Speicher (14) zur Aufnahme von Kalibrierflüssigkeiten vorgeschaltet ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Probenkanal zum Gewährleisten kleiner Leckraten einen Durchmesser im Bereich von vorzugsweise ≤ 3 mm aufweist.

6. Anordnung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Pumpe (10) zur Steuerung des Teilstroms in der Meßeinrichtung (6) vorhanden ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßautomat (8) über eine Schnittstelle mit einem Personal Computer (15) zur Datenauswertung und Vorgabe von Steuergrößen verbunden ist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ionentauscheranlage mit Regenerationseinheit (1; 2) elektrisch oder hydraulisch ansteuerbare Stellventile zur Betriebsführung aufweist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

- Leerseite -

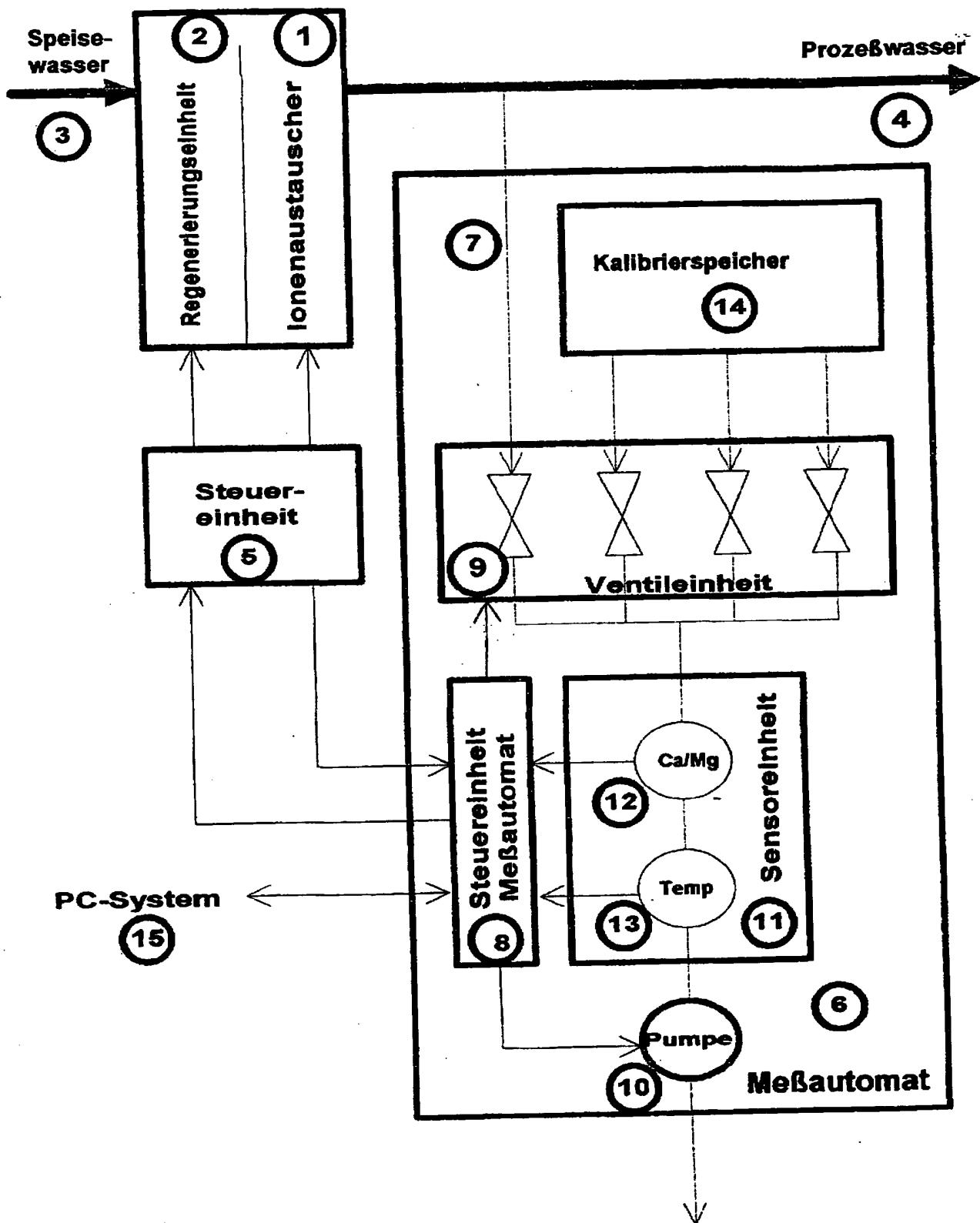


Fig.